



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

KONSTRUKČNÍ NÁVRH MALÉ STOLNÍ KOTOUČOVÉ PILY

DESIGN OF SMALL TABLE SAWS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Krajča

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Student: **Martin Krajča**

Studijní program: Strojírenství

Studijní obor: Základy strojního inženýrství

Vedoucí práce: **Ing. Jan Pavlík, Ph.D.**

Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukční návrh malé stolní kotoučové pily

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnete a konstrukčně zpracujete řešení malé stolní kotoučové pily pro poloprofesionální použití. Průměr kotouče max. 250 mm, výkon cca 1,5 kW, s možností naklápění kotouče o 45 °. Rozměry stolu cca 500 x 700 mm s možností rozšíření.

Cíle bakalářské práce:

1. Důkladná analýza problematiky.
2. Návrh variant řešení a jejich technicko–ekonomické zhodnocení.
3. Konstrukční návrh vybrané varianty – 3D model.
4. Výpočtová dokumentace včetně dimenzování hlavních částí.
5. Výkresová dokumentace vybraných uzlů.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, J.E., Ch.R. MISCHKE a R.G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. Brno: Naladatelství VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.

JOSTEN, Elmar, Thomas REICHE a Bernd WITTCHEN. Dřevo a jeho obrábění. Praha: Grada, 2010. Průvodce truhláře. ISBN 978-80-247-2961-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh malé stolní kotoučové pily. První část je věnována problematice stolních kotoučových pil. Jsou zde popsány součásti kotoučových pil, bezpečnost práce na pile a situace na trhu. Závěr této části je věnován výběru konstrukčního řešení. V druhé kapitole se nachází výpočtová dokumentace. V závěru práce se nachází vizualizace výsledného řešení s popisem jednotlivých konstrukčních uzlů.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is the design of a small table saw. The first part of this thesis deals with the problematics of the table saws. We can find here described parts of the saw blade, its health & safety and situation on the market. The conclusion of this chapter is devoted to selections of the design solution. The second chapter is devoted to the computational documentation. At the end of the thesis there is a visualization of the final solution with description of the individual construction nodes.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stolní kotoučová pila, přesné řezání, nastavení řezu, příslušenství, bezpečnost

KEYWORDS

Table saw, precise cutting, blade adjustment, accessories, safety

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRAJČA, M. *Konstrukční návrh malé stolní kotoučové pily*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 57s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval Ing. Janu Pavlíkovi, Ph.D. za pomoc, připomínky a rady při vypracovávání této bakalářské práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Pavlíka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20.5.2018

.....

Krajča Martin

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	ANALÝZA ČÁSTÍ STOLNÍ KOTOUČOVÉ PILY.....	16
2.1	Přenos výkonu motoru na kotouč	16
2.2	Způsob nastavení výšky a úhlu kotouče	17
2.3	Tělo pily	18
2.4	Pracovní stůl	18
2.5	Pilový kotouč	19
2.6	Bezpečnostní prvky stolních kotoučových pil	20
2.6.1	Kryt pilového kotouče	20
2.6.2	Rozvírací klín	21
2.6.3	Kotoučová vložka	21
2.6.4	Posouvadlo.....	21
2.6.5	SawStop.....	22
2.7	Práce na stolních kotoučových pilách.....	22
2.7.1	Podélný řez	23
2.7.2	Příčný řez.....	23
2.7.3	Vytváření drážek a zářezů	24
3	PŘEHLED SITUACE NA TRHU STOLNÍCH KOTOUČOVÝCH PIL	25
3.1	Parametry stolních kotoučových pil na trhu	25
3.2	Návrh koncepce	28
4	VÝPOČTOVÁ DOKUMENTACE.....	29
4.1	Výpočet kroutícího momentu od motoru.....	29
4.2	Návrh pera v hřídeli motoru.....	29
4.3	Návrh převodu	29
4.3.1	Převodový poměr.....	29
4.4	Návrh pera v hřídeli řemenice	30
4.5	Návrh klínového řemene.....	30
4.5.1	Výpočet délky klínového řemene	31
4.5.2	Výpočet počtu řemenů	32
4.5.3	Výpočet počátečního předpětí řemenu	32
4.6	Návrh hřídele	33
4.6.1	Materiál hřídele.....	33
4.6.2	Velikost a průběh zatížení hřídele	33
4.6.3	Minimální průměr hřídele.....	36
4.7	Kontrola hřídele	36
4.7.1	Kontrola hřídele k meznímu stavu porušení.....	37
4.7.2	Kontrola hřídele k meznímu stavu únavy.....	38
4.8	Návrh ložisek	38
5	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ STOLNÍ KOTOUČOVÉ PILY	40
5.1	Stolní kotoučová pila	40
5.2	Mechanismus nastavení a pohon pilového kotouče.....	42
5.3	Pracovní stůl	44
5.4	Příslušenství stolní kotoučové pily	44
5.4.1	Stojan	44
5.4.2	Vodící pravítka	45
5.4.3	Další příslušenství.....	46

6	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	47
7	ZÁVĚR.....	49
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	50
9	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	53
10	SEZNAM POUŽITÝCH JEDNOTEK	55
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

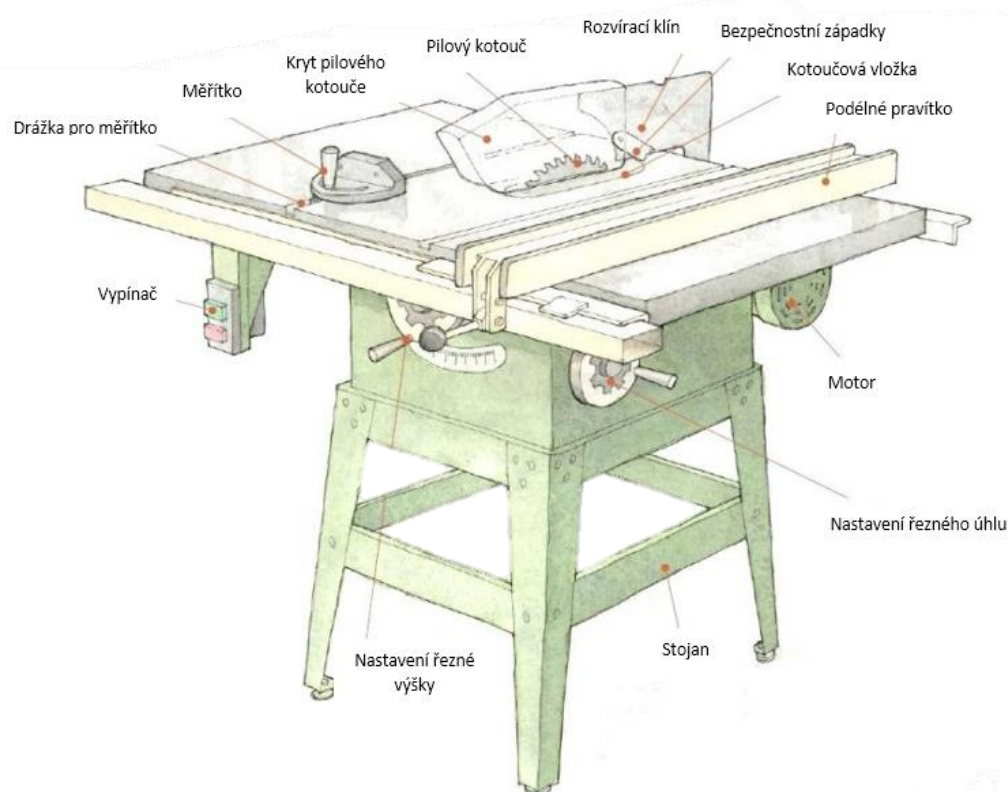
1 ÚVOD

V dnešní době se čím dál více vrací trend domácího kutilství. Lidé si v garážích a sklepech zřizují malé dílny, které slouží především k nutným opravám v domácnosti. Mezi takové opravy patří i práce se dřevem. Vedle těchto lidí jsou řemeslníci, a to zejména truhláři, kteří se prací se dřevem živí. Obě tyto skupiny potřebují k práci stolní pily. Domácí kutil dává přednost rozumnému kompromisu mezi poměrem cena/kvalita, kdežto řemeslník potřebuje stroj s vysokou přesností a kvalitou řezu. Těmto skupinám zákazníků se snaží vyhovět velké množství výrobců stolních kotoučových pil s nepřehledným množstvím výrobků a to má za následek zahlcení trhu.

Cílem této bakalářské práce je analýza problematiky a trhu v oblasti stolních kotoučových pil. Následně je vypracován konstrukční návrh a zpracování malé stolní kotoučové pily s výkonem 1,5kW, kotoučem o velikosti 250 mm a pracovními rozměry stolu 500 x 700 mm s možností rozšíření tohoto pracovního prostoru. Toto zpracování je doplněno o návrhové a bezpečnostní výpočty. Na závěr jsou zde vizualizace výsledného konstrukčního řešení s doplňky.

2 ANALÝZA ČÁSTÍ STOLNÍ KOTOUČOVÉ PILY

Ačkoliv se na trhu objevuje velké množství kotoučových pil s různými parametry, konstrukčně jsou si velmi podobné. Základními vnějšími prvky jsou základna, stůl s prodlužovacími elementy, nastavovací kola a vypínač. Uvnitř základny se nachází motor a sestava nastavování kotouče. [1]

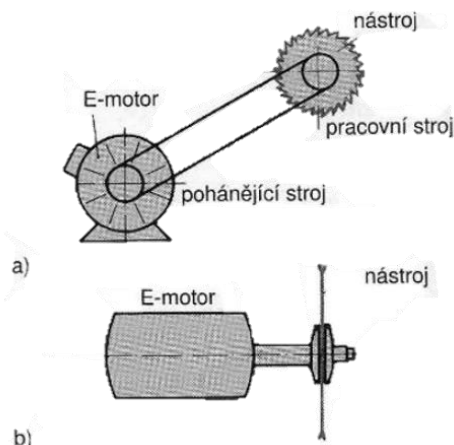


Obr. 1) Části stolní kotoučové pily (převzato a upraveno)[2]

2.1 Přenos výkonu motoru na kotouč

Pilový kotouč nasazený na hřídeli může být poháněn dvěma způsoby. První způsob je pomocí přímého pohonu, kdy je hřídel součástí motoru. Toto řešení se používá u ručních strojů. Jeho výhodou, oproti systému s nepřímým pohonem, je absence součástí tvořící řemenový převod, a tudíž větší bezpečnost, ale i menší zástavbový prostor. (Obr. 2a)

Druhým způsobem je nepřímý pohon, který je tvořen elektromotorem, jehož výkon se přenáší na hřídel s pilovým kotoučem pomocí klínového řemene přes řemenice. Předností tohoto pohonu je možnost upravování výstupních otáček pomocí vhodného výběru řemenic a také to, že se při záseku klínový řemen v řemenici protočí a tím ochrání obsluhu a motor. (Obr. 2b) [3]

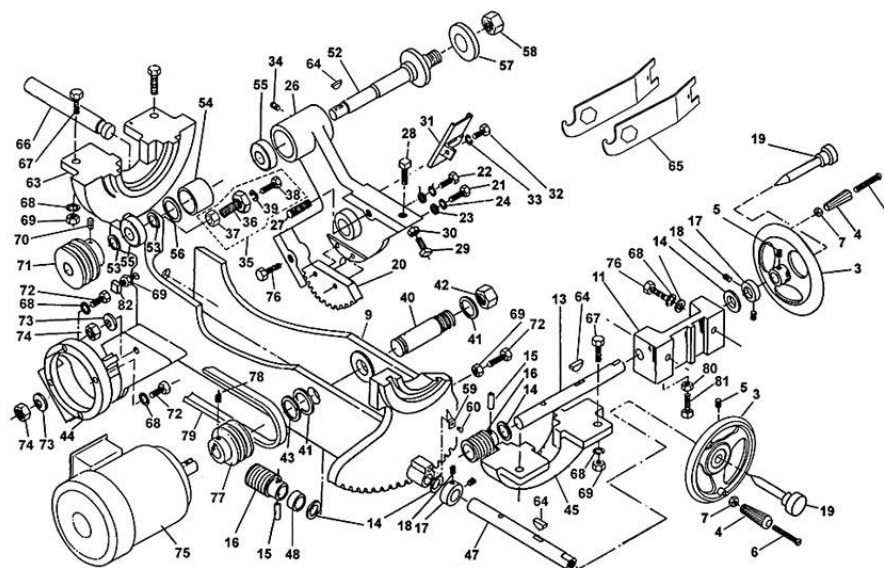


Obr. 2) a) Nepřímý pohon b) Přímý pohon[3]

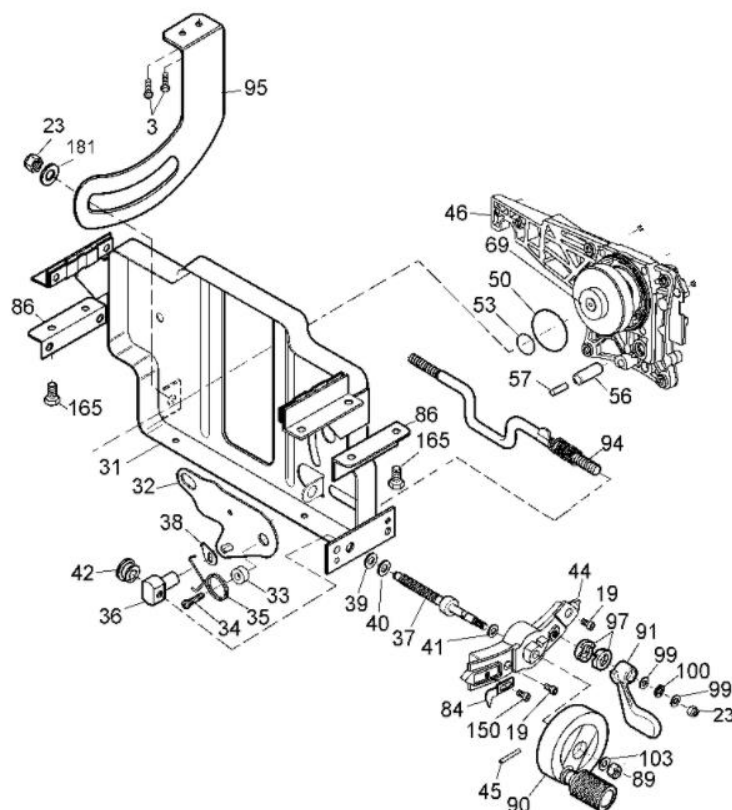
2.2 Způsob nastavení výšky a úhlu kotouče

Hlavním důvodem, proč si pořídit stolní kotoučovou pilu, je možnost nastavení řezu přesně podle svých požadavků. Tato schopnost je zajištěna sestavou hřídelí a ozubených kol, podle nichž se pilový kotouč zvedá či se s kolébkou naklání. Kolébka je usazená ve vodících kolejnicích, které jsou přichyceny na spodní straně pracovního stolu, nebo u stacionárních pil přímo v základně.

U stolních pil s nepřímým pohonem je změna výšky a úhlu kotouče řešena pomocí dvou klik. První z nich je vedena z čela pily a slouží k nastavení výšky řezání. Pro naklopení se využívá klika vedená z boční strany. Obě zakončují ruční kolečka pro snadnou manipulaci s uzamykacím mechanismem (Obr. 3). S přímým pohonem je spojena mechanika ovládaná jednou klikou vedenou z čelní strany. (Obr. 4)[1]



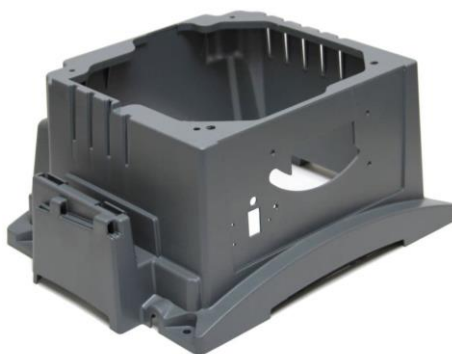
Obr. 3) Vnitřní mechanismus s dvěma klikami[4]



Obr. 4) Mechanismus s jednou klikou[4]

2.3 Tělo pily

Tělo tvoří základní prvek stolních kotoučových pil. Uvnitř jsou schovány mechanismy nastavení kotouče, ovládací kliky, motor a komponenty na sběr pilin a prachu. Zároveň také Z vrchu základny je přimontován pracovní stůl a spodní část bývá přizpůsobena k montáži stojanu pro snadné manipulování s pilou mimo pracovní dílnu. Dříve se základny vyráběly z plechů, ale v dnešní době převažují plastové odlitky, nebo řešení v podobě trubkového rámu.[1]



Obr. 5) Plastové tělo pily[5]

2.4 Pracovní stůl

Pro dosažení vysoké kvality řezu je potřeba mít rovnou pracovní desku. U velkých stacionárních pil se deska odlévá z těžké litiny, která pohlcuje vibrace, a její velká hmotnost zvyšuje

stabilitu pily. Zatímco stoly malých kotoučových pil se vyrábí buď z lisovaného plechu, nebo ze slitiny hliníku, jelikož poskytují tvarovou stálost a pevnost a mají nižší hmotnost než litina.

Malé rozměry přenosných kotoučových pil znemožňují osazení velkou pracovní deskou, a proto je zde možnost tuto plochu rozšířit. Jednou z možností je přisunutím pomocného stolu, což je mimo dílnu velice nepraktické. Dalším způsobem jsou rozšiřující moduly ze stolu (obr. 6) nebo vyklápěcí křídla (obr. 7)[1]



Obr. 6) Výsuvné moduly[6]



Obr. 7) Vyklápěcí křídla[6]

2.5 Pilový kotouč

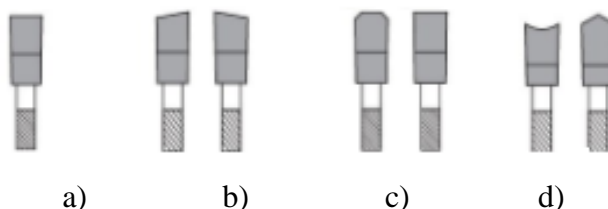
Na kvalitu řezů má vliv nejen motor či pracovní stůl, ale především pilové kotouče, které rozdělujeme do dvou skupin. První skupinou jsou kotouče z jednoho kusu oceli, nejčastěji z nástrojové. Výhodou těchto kotoučů je nízká cena a jednoduchost ostření. Na druhou stranu mají nižší životnost než kotouče s břity ze slinutého karbidu a horší kvalitu řezu. Využívají se hlavně v pilách na řezání palivového dříví. Druhým typem jsou kotouče s SK břity. Na pilový kotouč jsou přiletovány či připájeny břitové destičky ze slinutého karbidu. Tyto kotouče mají sice vyšší pořizovací cenu, ale díky možnosti většího počtu přebroušení se počáteční náklady vrátí. Jednotlivé břitové destičky jsou na pilovém kotouči broušeny do různých tvarů a pod různými úhly, aby plně vyhovovaly jednotlivým pracím. Základní tvary geometrie zubů na pilových kotoučích jsou:

Rovný zub – pro řezání masivu, OBS desek nebo překližky (Obr. 8a)

Střídavě šikmý zub – řezání masivu, OBS desek a překližky s větší přesností než u rovného zubu (obr. 8b)

Trapézový zub – dělení velkoplošných materiálů, plastů i kovů (Obr. 8c)

Speciální zuby – kónický, s výbrusem nebo střechovitý (Obr. 8d)



Obr. 8) Druhy geometrií zubů z SK destiček [9]

U pilových kotoučů je dalším parametrem počet zubů Z . Tato hodnota se liší podle požadované čistoty řezu a materiálu, který budeme řezat. Pro rychlý a hrubý řez se používá pilový kotouč s počtem zubů $Z = 16$. K univerzálnímu použití se volí kotouč $Z = 24$. Pokud chceme čisté řezy s maximální kvalitou řezu, použijeme kotouč $Z = 40$ a více.

Při řezání pilové kotouče vyvozují zejména při volnoběhu velký hluk. K odhlučnění se využívá polyuretanová hmota, která vyplňuje laserem vyřezané drážky (obr. 10) [9],[10]



Obr. 9) Protihluková úprava kotouče[10]

2.6 Bezpečnostní prvky stolních kotoučových pil

Stolní kotoučové pily patří k nejnebezpečnějším strojům při zpracovávání dřeva. Člověk by měl při práci používat bezpečnostní prvky, jako jsou ochranné brýle, klapky na uši či ve špatně odvětrávaných prostorech i rouška. Avšak tyto prvky netvoří aktivní ochranu proti úrazu, a proto výrobci poskytují na stolních pilách základní bezpečnostní vybavení, které se skládá z ochranného krytu pilového kotouče, kotoučové vložky, rozvíracího klínu a bezpečnostního vypínače.

2.6.1 Kryt pilového kotouče

Kryt pilového kotouče slouží zejména k zabránění styku člověka s pilovým kotoučem. Druhým úkolem je ochrana před odlétajícími třískami a prachem. Kryt může být opatřen výstupem pro odsávací systém a tím zajištěn odvod třísek, pilin a prachu z pracovního prostoru. Vyrábí se zejména z čirého plastu a bývá upevněn volně na rozvíracím klínu.[1]



Obr. 10) Kryt pilového kotouče[11]

2.6.2 Rozvírací klín

Rozvírací klín slouží k rozvírání řezné spáry. Bez této bezpečnostní součásti by mohlo dojít k sevření řezaného materiálu za pilovým kotoučem a následnému vymrštění proti obsluze. Druhým důvodem k používání je, že zabraňuje spálení dřeva při tření řezaného materiálu s pilovým kotoučem.

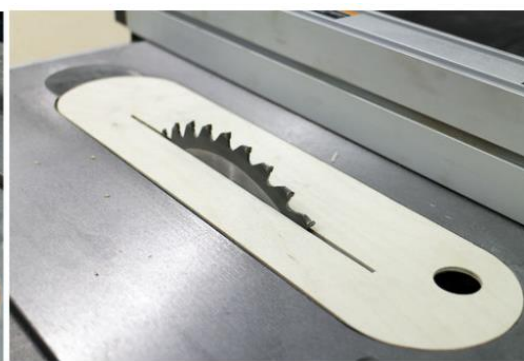
Aby rozvírací klín plnil svou funkci, musí být širší, než pilový kotouč a zároveň užší než řezná spára. Také je nutné zabránit styku klínu s kotoučem, a proto musí být řádně upevněn.[1], [3]



Obr. 11) Rozvírací klín[12]

2.6.3 Kotoučová vložka

Výrobci stolní kotoučové pily osazují univerzálními kotoučovými vložkami (Obr. 12a). Tyto vložky, opatřené širokou drážkou pro průchod pilového kotouče, jsou vhodné zejména pro široké či šikmé řezy. Při podélném úzkém řezání nastává nebezpečí, že se materiál dostane pod úroveň vložky a bude vymrštěn pilovým kotoučem do prostoru nebo na obsluhu. K zabránění tomuto jevu se využívá kotoučová vložka s nulovou mezerou, která se používá pouze pro řezání, když je pilový kotouč kolmý ke stolu. Tuto vložku je možné dokoupit a nebo si ji doma jednoduše vyrobit z překližky (Obr. 12b).[13]



Obr. 12) Univerzální kotoučová vložka[13]

Obr. 13) Vložka s nulovou mezerou[13]

2.6.4 Posouvadlo

Při dlouhých úzkých řezech hrozí, že ruka sklouzne z řezaného materiálu a dojde ke kontaktu s pilovým kotoučem. K zabránění nastání této situace slouží posouvadlo, které slouží k prodloužení pracovníku ruky a díky tomu drží prsty v bezpečné vzdálenosti od točícího se kotouče. Výrobci dodávají ke svým pilám převážně posouvadla vyrobená z plastu. (Obr. 13)

Mnozí uživatelé si však posouvadla vyrábí sami a opatřují je větší přitlačnou plochou, která zajišťuje větší tlak na materiál a tak lépe brání proti jeho vymrštění. (Obr. 14) [1]



Obr. 14) Posouvadlo [14]



Obr. 15) Posouvací rukojeť [15]

2.6.5 SawStop

SawStop je relativně nový bezpečnostní systém vynalezen na přelomu 20. století. Princip spočívá v tom, že je na pilový kotouč vyveden slabý elektrický náboj, který je neustále sledován a analyzován. Pokud se pilového kotouče dotkne ruka, náboj se změní a aktivuje se bezpečnostní brzda. Brzdící modul se zasekne do pilových zubů a zastaví kotouč do pěti ms. Po použití je mechanismus zničen a musí být spolu s pilovým kotoučem nahrazen. [16]



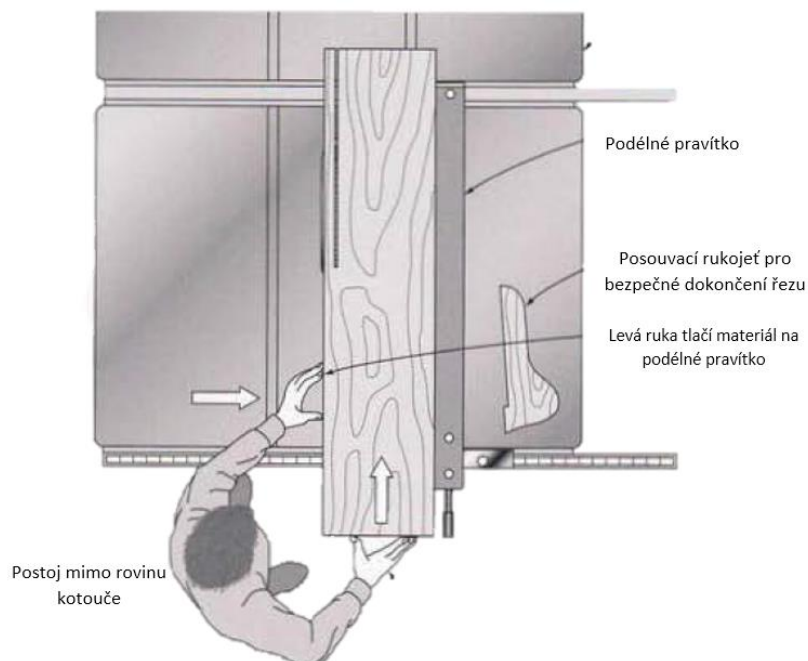
Obr. 16) SawStop [17]

2.7 Práce na stolních kotoučových pilách

Práce na kotoučových pilách je velmi rozmanitá, jelikož je zde velká možnost individualizace řezu podle svých požadavků díky schopnosti nastavení přesné výšky a sklopení kotouče. S pomocí podélných a příčných pravítek lze dosáhnout požadovaných mír. Na stolních kotoučových pilách lze tvořit příčné a podélné řezy, úkopy či přřezy. Rovněž je zde možnost vyrobít drážky, polodrážky nebo rozpory. [1], [3]

2.7.1 Podélný řez

Při podélném řezu se řeže po vláknu a je možné uřezat dlouhý kus materiálu. Je zde největší riziko zpětného rázu, a proto je důležité stát mimo rovinu kotouče. Také je doporučeno při dokončování řezu použít posuvnou rukojeť pro zachování bezpečnosti.



Obr. 17) Postoj při podélném řezání(převzato a upraveno)[1]

2.7.2 Příčný řez

Příčný řez se využívá ke krácení či řezání malých kusů materiálu. Při tomto typu práce na pile se řeže kolmo na vlákno. Pro přesnější, bezpečnější a pohodlnější řezání se využívá příčné pravítko, na kterém je možnost nastavení úhlu, a tudíž je možné s jeho pomocí řezat i úkoso. Další pomůckou, pro usnadnění příčného řezání nebo při potřebě vyrábět stejné kusy, jsou saně. Tyto saně se dají jednoduše vyrobit doma a lze s nimi rychle a bezpečně řezat. (Obr. 18)



Obr. 18) Řezání pomocí příčného pravítka[1] Obr. 19) Řezání pomocí saní[1]

2.7.3 Vytváření drážek a zářezů

Dříve se čepy, drážky a zářezy dělali pomocí čepovací pily. V dnešní době je možné velmi snadně a přesně vytvořit tyto prvky pomocí stolní pily. Dorazy lze dosáhnout stejnosti řezaných prvků i ve větším množství.



Obr. 20) Vytváření drážky pomocí saní[1]

3 PŘEHLED SITUACE NA TRHU STOLNÍCH KOTOUČOVÝCH PIL

3.1 Parametry stolních kotoučových pil na trhu

Stolní kotoučová pila Makita 2704



Obr. 21) Stolní kotoučová pila Makita 2704[18]

Parametry

Příkon: 1650 W

Otáčky naprázdno: 4800 min⁻¹

Průměr pilového kotouče: 260 mm

Řezný úhel: -3° až 45°

Řezný výkon při 90°: 93 mm

Řezný výkon při 45°: 64 mm

Rozměry pracovního stolu (d × š) : 760 × 766 mm

Maximální rozměry stolu (d × š): 1045 × 1066 mm

Hmotnost: 34,9 kg

Cena : 21 290,- Kč

Stolní okružní pila Bosch GTS 10 XC Professional



Obr. 22) Stolní okružní pila Bosch GTS 10 XC Professional[19]

Parametry

Příkon: 2100 W

Otáčky naprázdno: 3200 min⁻¹

Průměr pilového kotouče: 260 mm

Řezný úhel: -2° až 47°

Řezný výkon při 90°: 79 mm

Řezný výkon při 45°: 55 mm

Rozměry pracovního stolu (d × š) : 584 × 759 mm

Maximální rozměry stolu (d × š): 759 × 885 mm

Hmotnost: 35 kg

Cena : 25 590,- Kč

Stolová pila Scheppach HS 100 S



Obr. 23) Stolová pila Scheppach HS 100 S [20]

Parametry

Příkon: 2000 W

Otáčky naprázdno: 5000 min⁻¹

Průměr pilového kotouče: 250 mm

Řezný úhel: 0° až 45°

Řezný výkon při 90°: 85 mm

Řezný výkon při 45°: 65 mm

Rozměry pracovního stolu (d × š) : 485 × 642 mm

Maximální rozměry stolu (d × š): 940 × 642 mm

Hmotnost: 22 kg

Cena : 3 799,- Kč

Stolová pila DEWALT DW745



Obr. 24) Stolová pila DEWALT DW 745[21]

Parametry:

Příkon: 1850 W

Otáčky naprázdno: 3800 min⁻¹

Řezný úhel: -3° až 48°

Průměr pilového kotouče: 250 mm

Řezný výkon při 90°: 77 mm

Řezný výkon při 45°: 55 mm

Rozměry pracovního stolu (d × š) : 570 × 630 mm

Maximální rozměry stolu (d × š): 925 × 630 mm

Hmotnost: 22 kg

Cena : 13 799,- Kč

Stolní kotoučová pila Einhell TC-TS 2025 U



Obr. 25) Stolní kotoučová pila Einhell TC-TS 2025 UA[7]

Parametry:

Příkon: 1800 W

Otáčky naprázdno: 5000 min⁻¹

Průměr pilového kotouče: 250 mm

Řezný úhel: 0° až 45°

Řezný výkon při 90°: 85 mm

Řezný výkon při 45°: 65 mm

Rozměry pracovního stolu (d × š) : 487 × 642 mm

Maximální rozměry stolu (d × š): 935 × 862 mm

Hmotnost: 18,8 kg

Cena : 3 333,- Kč

3.2 Návrh koncepce

Po důkladné analýze trhu je výsledný konstrukční návrh tvořen kombinací několika typů řešení.

Základ bude tvořit plastové, ale odolné tělo, které je vyrobeno tlakovým litím. Toto řešení je rozumným kompromisem mezi oplechováním, které zabraňuje styku člověka s životu nebezpečnými částmi pily a lehkostí trubkového rámu.

Tělo je také vybaveno chytrým úložným prostorem pro příslušenství. Pro pohon pilového kotouče bude použit nepřímý způsob, který je tvořen elektromotorem a vhodnými řemenicemi. Celkový mechanismus pily je ovládán pomocí dvou klik. Pracovní stůl je řešen jako tlakový odlitek hliníku, který je doplněn o drážky pro přesné vedení pravítka s úhlovou stupnicí. Podélné pravítko, vedené v lištách na přední a zadní straně stolu, je vybaveno oboustranným upnutím, které zabraňuje posunutí nastavené vzdálenosti při řezání. Možnost rozšíření pracovního prostoru do stran a do boku je řešeno výsuvnými moduly.

4 VÝPOČTOVÁ DOKUMENTACE

4.1 Výpočet krouticího momentu od motoru

Zvolený motor 1TZ 9001 90S-2 [22]

Parametry motoru: výkon $P=1,5 \text{ kW}$

otáčky $n_1=2860 \text{ min}^{-1}$

průměr hřídele $d=24 \text{ mm}$

Výpočet krouticího momentu

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{1500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{2860}{60}} = 5,00 \text{ Nm} \quad (4.1)$$

4.2 Návrh pera v hřídeli motoru

Parametry výpočtu: hloubka drážky v náboji $t_1=2,7 \text{ mm}$

šířka pera $b = 6 \text{ mm}$

dovolené napětí $P_{dov} = 0,6 \times 150 = 90 \text{ MPa}$ [23]

Obvodová síla na hřídeli

$$F_o = \frac{2 \cdot M_k}{d_1} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 1000}{24} = 416,66 \text{ N} \quad (4.2)$$

Délka pera

$$l_p = \frac{F_o}{t_1 \cdot P_d} + b_p = \frac{416,66}{2,7 \cdot 90} + 6 = 7,71 \text{ mm} \quad (4.3)$$

Délka pera byla zvolena 24 mm s ohledem na řemenici a velikostí drážky v hřídeli elektromotoru.

4.3 Návrh převodu

Zvolený pilový kotouč PROTECO 42.09-PK250-60 [24]

Parametry pilového kotouče maximální otáčky $n_{2d} = 5500 \text{ min}^{-1}$

průměr kotouče $D_k = 250 \text{ mm}$

4.3.1 Převodový poměr

Zvolené otáčky pilového kotouče $n_{2v} = 4500 \text{ min}^{-1}$

$$i_v = \frac{n_1}{n_{2v}} = \frac{2860}{4500} = 0,6222 \quad (4.4)$$

Výpočtový průměr malé řemenice je zvolen $d_1 = 56 \text{ mm}$.

Průměr velké řemenice

$$d_1 = \frac{d_2}{i_v} = \frac{56}{0,622} = 87,92 \text{ mm} \quad (4.5)$$

Zvolený výpočtový průměr velké řemenice $d_2 = 90 \text{ mm}$

Skutečný převodový poměr

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{56}{90} = 0,623 \quad (4.5)$$

Otáčky pilového kotouče

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{2860}{0,623} = 4590 \text{ min}^{-1} \quad (4.6)$$

Obvodová rychlost řemene

$$v = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 = \pi \cdot 90 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2860}{60} = 13,47 \text{ ms}^{-1} \quad (4.7)$$

Typ průřezu řemene volím Z podle normy ČSN 02 3111.

Maximální obvodová rychlost pro řemeny typu Z je 30 ms^{-1}

4.4 Návrh pera v hřídeli řemenice

Krouticí moment na řemenici

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n_2}{60}} = \frac{1500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{4590}{60}} = 3,13 \text{ Nm} \quad (4.8)$$

Při výpočtu kroutícího momentu na hřídeli jsem zanedbal prokluz.

Obvodová síla na hřídeli

$$F_o = \frac{2 \cdot M_k}{d_1} = \frac{2 \cdot 3,13 \cdot 1000}{24} = 260,83 \text{ N} \quad (4.9)$$

Délka pera

$$l_p = \frac{F_o}{t_1 \cdot P_d} + b_p = \frac{260,83}{2,7 \cdot 90} + 6 = 7,07 \text{ mm} \quad (4.10)$$

4.5 Návrh klínového řemene

Výpočet minimální osové vzdálenosti

$$a_{min} = 0,7 \cdot (d_1 + d_2) = 0,7 \cdot (56 + 90) = 102,2 \text{ mm} \quad (4.11)$$

Výpočet minimální osové vzdálenosti

$$a_{max} = 2 \cdot (d_1 + d_2) = 2 \cdot (56 + 90) = 292 \text{ mm} \quad (4.12)$$

Osovou vzdálenost volím 150 mm.

Výpočet úhlu opásání malé řemenice

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2 \cdot A} = \frac{90 - 56}{2 \cdot 150} = 82,33^\circ \quad (4.13)$$

$$\Rightarrow \alpha = 164,66^\circ$$

$$\gamma = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} = 90^\circ - \frac{164,66^\circ}{2} = 6,67^\circ \quad (4.14)$$

Výpočet úhlu opásání velké řemenice

$$\beta = 360^\circ - \alpha = 360^\circ - 164,66^\circ = 195,34^\circ \quad (4.15)$$

4.5.1 Výpočet délky klínového řemene

$$L'_p = 2 \cdot A \cdot \sin(\alpha/2) + (\pi \cdot (d_2 + d_1))/2 + (\pi \cdot \gamma \cdot (d_2 - d_1))/180$$

$$L'_p = 2 \cdot 150 \cdot \sin(164,66/2) + (\pi \cdot (90 + 56))/2 + (\pi \cdot 6,67 \times (90 - 56))/180 \quad (4.16)$$

$$L'_p = 530,84 \text{ mm}$$

Délku klínového řemene volím 530 mm dle normy ČSN 02 3110.

Skutečná osová vzdálenost

$$A_{sk} = \frac{L_p - \frac{\pi \cdot (d_2 + d_1)}{2} + \frac{\pi \cdot \gamma \cdot (d_2 - d_1)}{180}}{2 \cdot \sin(\alpha/2)} \quad (4.17)$$

$$A_{sk} = \frac{530 - \frac{\pi \cdot ((90 + 56))}{2} + \frac{\pi \cdot 6,67 \cdot (90 - 56)}{180}}{2 \cdot \sin\left(\frac{164,66}{2}\right)} = 153,80 \text{ mm}$$

Výpočet počtu řemenů

Součinitel úhlu opásání menší řemenice $c_1 = 0,97$

Součinitel provozního zatížení $c_2 = 1,1$

Součinitel délky převodu $c_3 = 0,93$

Jmenovitý výkon přenášen jedním řemenem $P_r = 0,95$

Výpočtový výkon přenášen převodem

$$P' = c_2 \cdot k_n \cdot P = 1,1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ kW} \quad (4.18)$$

Bezpečnost k_n volím 1, kvůli možnosti proklouznutí hřídele při zaseknutí pilového kotouče.

Dovolený výkon přenášený jedním řemenem

$$P_d = c_1 \cdot c_3 \cdot P_r = 0,97 \times 0,93 \times 0,95 = 0,85 \text{ kW} \quad (4.19)$$

4.5.2 Výpočet počtu řemenů

$$z = \frac{P'}{P_d} = \frac{1,65}{0,85} = 1,94 \quad (4.20)$$

V převodu budou použity 2 klínové řemeny.

Tahová síla v řemenu od odstředivé síly

Délková hustota Z řemenu $\rho_1 = 0,0468 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ [23]

$$F_c = \rho_1 \cdot v^2 = 0,0468 \cdot 13,41^2 = 8,42 \text{ N} \quad (4.21)$$

Součinitel tření mezi boky řemenu a řemenice

Součinitel tření mezi ocelí a pryží $f = 0,8$ [23]

$$f_k = \frac{f}{\sin(\frac{\alpha}{2})} = \frac{0,8}{\sin(\frac{40}{2})} = 2,3 \quad (4.22)$$

Rozdíl sil v napjaté a ochablé části opásání

$$\Delta F = \frac{P_d}{v} = \frac{0,83 \cdot 1000}{13,41} = 61,89 \text{ N} \quad (4.23)$$

Výpočet sil v opásání

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \cdot \exp(f_k \phi)}{\exp(f_k \phi) - 1} = 8,42 + \frac{61,89 \cdot \exp(2,94 \cdot 2,3)}{\exp(2,94 \cdot 2,3) - 1} = 70,38 \text{ N} \quad (4.24)$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F = 70,38 - 61,89 = 7,48 \text{ N} \quad (4.25)$$

4.5.3 Výpočet počátečního předpětí řemenu

$$F_u = \frac{F_1 + F_2}{2} + F_c = \frac{79,37 + 7,48}{2} + 8,42 = 51,85 \text{ N} \quad (4.26)$$

Výpočet síly předpětí

$$F_o = 2 \cdot F_u = 2 \cdot 51,85 = 103,7 \text{ N} \quad (4.27)$$

4.6 Návrh hřídele

4.6.1 Materiál hřídele

Ocel 11 600

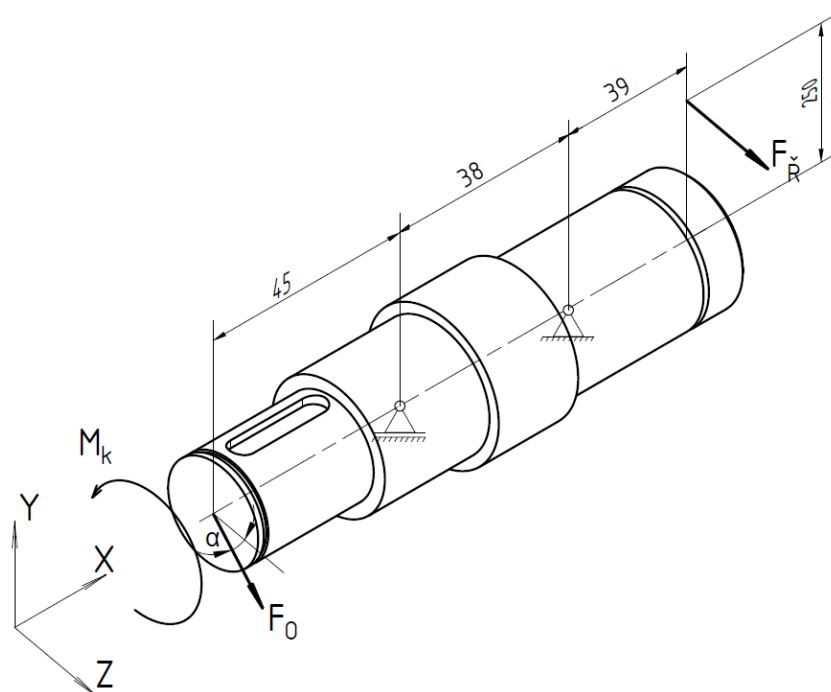
$$R_e = 325 \text{ MPa}$$

$$R_m = 600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0,504 \cdot R_m = 0,504 \cdot 600 = 302,4 \text{ MPa}$$

Tuto ocel volím kvůli dobrým vlastnostem při statickém ale i dynamickém namáhání.

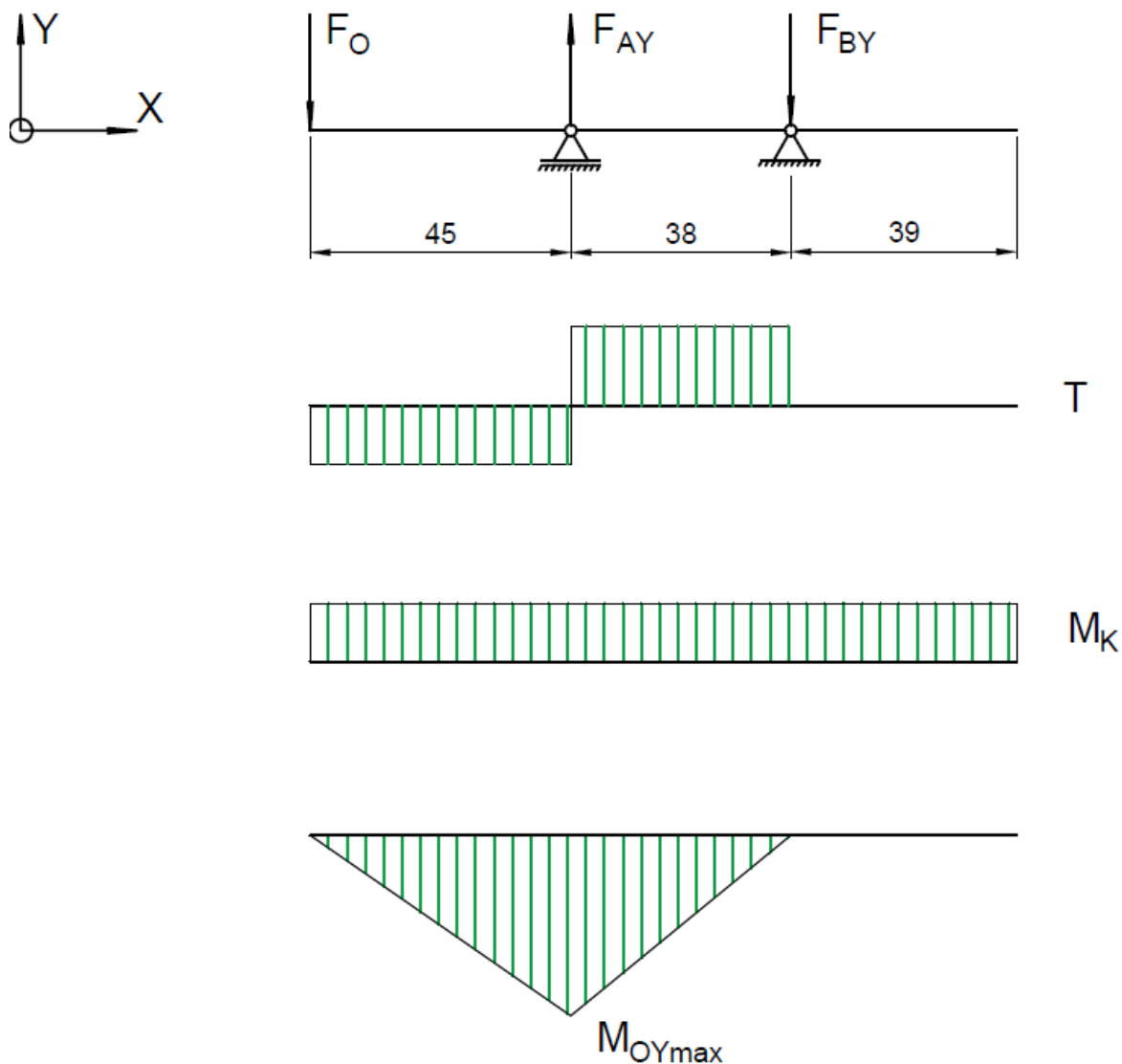
4.6.2 Velikost a průběh zatížení hřídele



Obr. 26) Znázornění zatížení hřídele

Řezná síla na kotouči

$$F_{\check{R}} = \frac{2 \cdot M_k}{D_k} = \frac{2 \cdot 3,13 \cdot 1000}{250} = 25,04 \text{ N} \quad (4.27)$$



Obr. 27) VVÚ v rovině XY

Výpočet reakcí v rovině XY

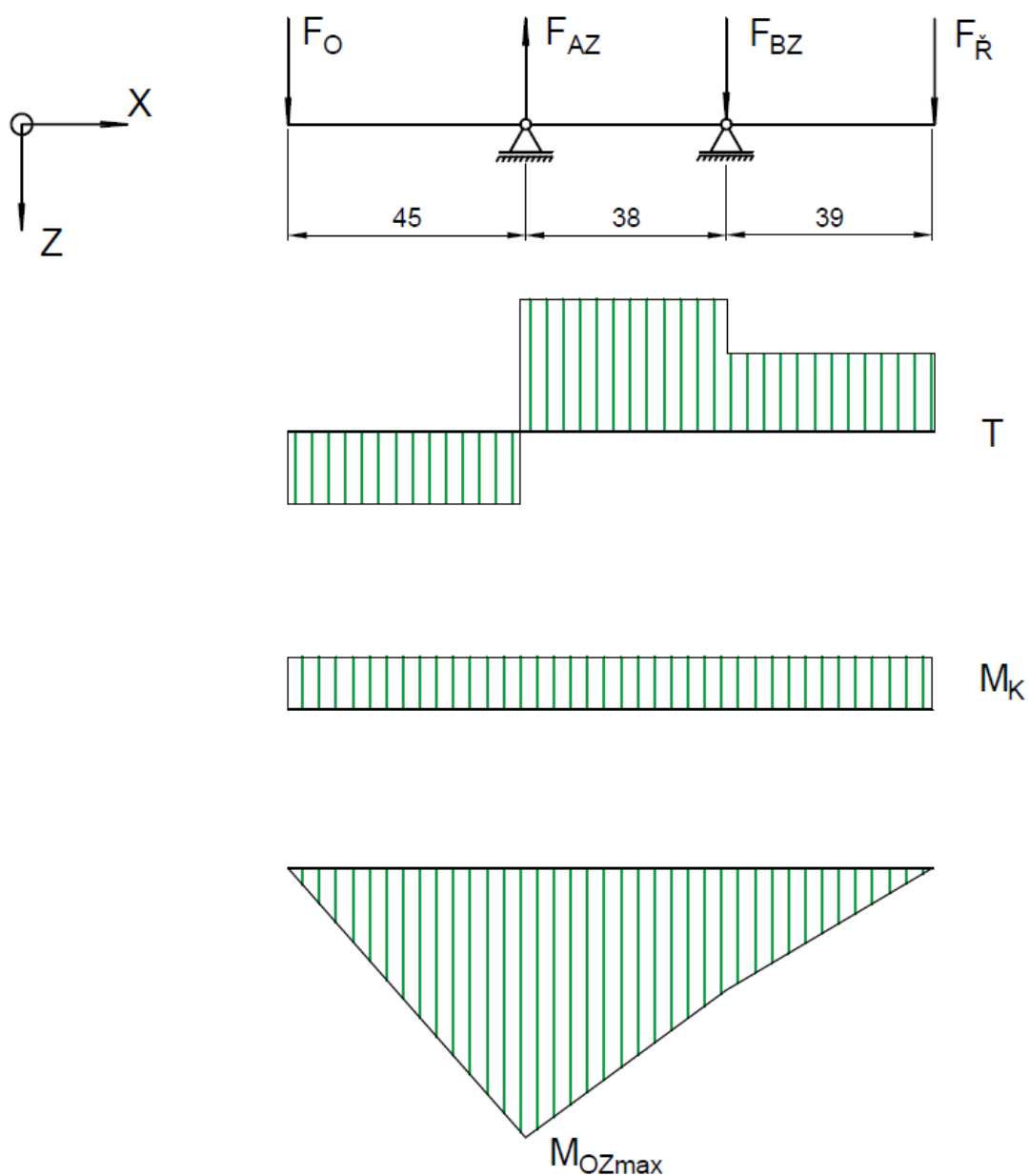
$$\sum M_{AY} = 0 \quad F_p \cdot \sin \alpha \cdot l_1 + F_{BY} \cdot l_3 = 0$$

$$\sum M_{AY} = 0 \quad 103,7 \cdot \sin 17^\circ \cdot 45 + F_{BY} \cdot 38 = 0 \Rightarrow F_{BY} = -35,90 \text{ N} \quad (4.28)$$

$$\sum F_{AY} = 0 \quad -F_p \cdot \sin \alpha + F_{AY} + F_{BY} = 0$$

$$\sum F_{AY} = 0 \quad -103,7 \cdot \sin 17^\circ + F_{AY} + (-35,90) = 0 \Rightarrow F_{AY} = 66,21 \text{ N} \quad (4.29)$$

$$M_{Ymax} = F_{AY} \cdot l_1 = 66,21 \cdot 45 = 2979,45 \text{ Nmm} \quad (4.30)$$



Obr. 28) VVÚ v rovině XZ

Výpočet reakcí v rovině XZ

$$\sum F_{AZ} = 0 \quad F_p \cdot \cos\alpha - F_{AZ} - F_{Bz} + F_R = 0$$

$$\sum F_{AZ} = 0 \quad 103,7 \cdot \cos 17^\circ - F_{AZ} - (-66,77) + 25,04 = 0 \Rightarrow F_{AZ} = 190,93 \text{ N} \quad (4.31)$$

$$\sum M_{AZ} = 0 \quad F_p \cdot \cos\alpha \times l_1 + F_{Bz} \cdot l_3 - F_R \cdot (l_2 + l_3) = 0$$

$$\sum M_{AZ} = 0 \quad 103,7 \cdot \cos 17^\circ \cdot 45 + F_{Bz} \cdot 38 - F_R \cdot (38 + 39) = 0 \Rightarrow \quad (4.32)$$

$$F_{Bz} = -66,77 \text{ N}$$

$$M_{Zmax} = F_{AZ} \times l_1 = 190,93 \cdot 45 = 8591,85 \text{ Nmm} \quad (4.33)$$

Výpočet největší radiální síly

$$F_A = \sqrt{F_{AY}^2 + F_{AZ}^2} = \sqrt{66,21^2 + 190,93^2} = 202,01 \text{ N} \quad (4.34)$$

Výpočet největšího ohybového momentu

$$M_{max} = \sqrt{M_{Y_{max}}^2 + M_{Z_{max}}^2} = \sqrt{2979,45^2 + 8591,85^2} = 9092,97 \text{ Nmm} \quad (4.35)$$

4.6.3 Minimální průměr hřídele

Výpočet minimálního průměru hřídele je proveden podle kritéria Max τ .

$$d_{min} = \sqrt[6]{\frac{(\frac{32 \cdot M_{max}}{\pi})^2 + 4 \cdot (\frac{16 \cdot M_k}{\pi})^2 \cdot k_k^2}{Re^2}} \quad (4.36)$$

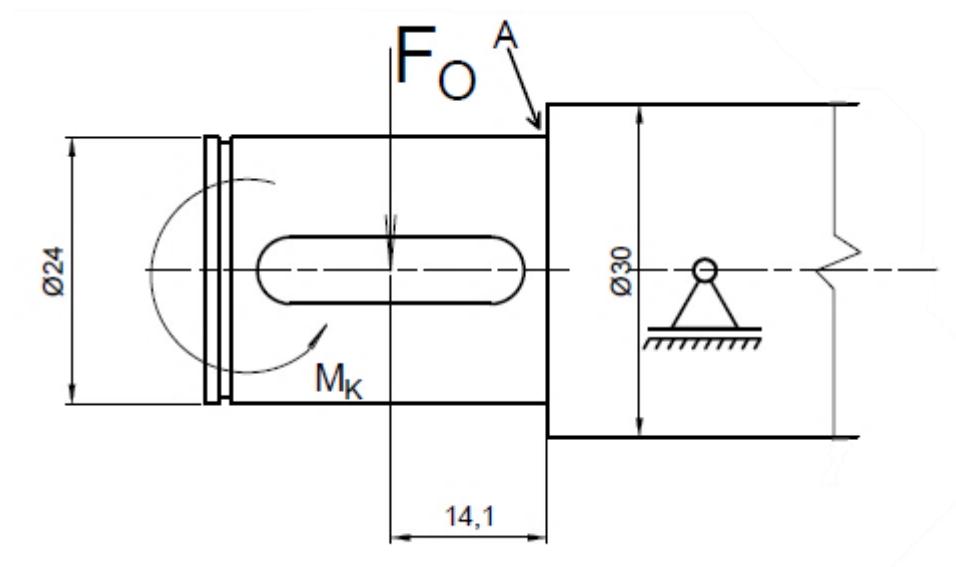
$$d_{min} = \sqrt[6]{\frac{(\frac{32 \cdot 9092,97}{\pi})^2 + 4 \cdot (\frac{16 \cdot 5000}{\pi})^2 \cdot 2^2}{325^2}} = 7,51 \text{ mm}$$

Z výpočtu vyplývá, že nejmenší průměr hřídele by měl být 7,51 mm. Hodnota nejmenšího průměru na hřídeli je 22,9 mm, takže je zde zachována více než bezpečná rezerva.

4.7 Kontrola hřídele

Hřídel bude kontrolována na bezpečnost k meznímu stavu porušení a únavy v bodě A. Zde se nachází změna průměru z 24 mm na 30 mm a tudíž i velký koncentrátor napětí. V jiných bodech kontrolu prováděna nebude, jelikož se již na hřídeli nenachází taková změna průřezu v blízkosti působící síly.

4.7.1 Kontrola hřídele k meznímu stavu porušení



Obr. 29) Zatížení hřídele v blízkosti koncentrátoru napětí

Modul pružnosti v ohybu:

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 24^3}{32} = 1357,17 \text{ mm}^3 \quad (4.37)$$

Modul pružnosti v krutu:

$$W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 24^3}{16} = 2714,34 \text{ mm}^3 \quad (4.38)$$

Výpočet nominálního ohybového napětí

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{103,7 \cdot 14,1}{1357,17} = 1,07 \text{ MPa} \quad (4.39)$$

Výpočet maximálního ohybového napětí

$$\sigma_{o\max} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_o = 1,9 \cdot 1,07 = 2,04 \text{ MPa} \quad (4.40)$$

Výpočet nominálního smykového napětí

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{3,13 \cdot 1000}{2714,34} = 1,15 \text{ MPa} \quad (4.41)$$

Výpočet nominálního smykového napětí

$$\tau_{k\max} = \alpha_\tau \cdot \tau_k = 1,8 \cdot 1,15 = 2,07 \text{ MPa} \quad (4.42)$$

Výpočet bezpečnosti k MSP

Kontrola hřídele k meznímu stavu pružnosti je provedena podle kritéria Max τ .

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{omax}^2 + 4 \cdot \tau_{kmax}^2} = \sqrt{2,04^2 + 4 \cdot 2,07^2} = 4,62 \text{ MPa} \quad (4.43)$$

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{325}{4,91} = 66,19 \quad (4.44)$$

4.7.2 Kontrola hřídele k meznímu stavu únavy

Výpočet korigované meze únavy

$$\text{Součinitel vlivu jakosti povrchu } k_a = aR_m^b = 4,51 \times 600^{-0,265} = 0,8279 \quad (4.45)$$

$$\text{Součinitel vlivu velikosti povrchu } k_b = 1,24d^{-0,107} = 1,24 \times 24^{-0,107} = 0,8825 \quad (4.46)$$

Součinitel vlivu způsobu zatěžování $k_c = 1$

Součinitel vlivu teploty $k_d = 1$

Součinitel spolehlivosti $k_e = 0,814$

Součinitel zahrnující další vlivy $k_f = 1$

$$\sigma_c^* = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot \sigma_c = 0,8279 \cdot 0,8825 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot 1 \cdot 302,4 = 179,44 \text{ MPa} \quad (4.47)$$

Výpočet součinitelů vrubu pro ohyb a krut

$$\sqrt{a} = \frac{139}{R_m} = \frac{139}{600} = 0,232 \quad (4.48)$$

$$\beta_\sigma = \frac{\alpha_\sigma}{1 + \frac{2 \cdot (\alpha_\sigma - 1) \cdot \sqrt{a}}{\alpha_\sigma \cdot \sqrt{r}}} = \frac{1,9}{1 + \frac{2 \cdot (1,9 - 1) \cdot 0,232}{1,9 \cdot \sqrt{1}}} = 1,45 \quad (4.49)$$

$$\beta_\tau = \frac{\alpha_\tau}{1 + \frac{2 \cdot (\alpha_\tau - 1) \cdot \sqrt{a}}{\alpha_\tau \cdot \sqrt{r}}} = \frac{1,8}{1 + \frac{2 \cdot (1,8 - 1) \cdot 0,232}{1,8 \cdot \sqrt{1}}} = 1,39 \quad (4.50)$$

Výpočet bezpečnosti k MSÚ

Kontrola hřídele k meznímu stavu únavy je provedena podle kritéria ASME ve spojení s teorií HMM.

$$\frac{1}{k_u} = \frac{16}{\pi \cdot d^3} \cdot \left[4 \cdot \left(\frac{\beta_\sigma \cdot M_{oa}}{\sigma_c^*} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\beta_\sigma \cdot M_{km}}{R_e} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.51)$$

$$\frac{1}{k_u} = \frac{16}{\pi \cdot 24^3} \cdot \left[4 \cdot \left(\frac{1,45 \cdot 103,7 \cdot 14,1}{179,44} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{1,39 \cdot 3,13 \cdot 1000}{600} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0,0098$$

$$k_u = 101 \quad (4.52)$$

4.8 Návrh ložisek

Zvoleno jednořadé kuželíkové ložisko 32006AX [25]

Parametry ložiska vnitřní průměr $d_L = 30 \text{ mm}$
 vnější průměr $D_L = 55 \text{ mm}$
 šířka $b = 17 \text{ mm}$
 základní dynamická únosnost $C = 35500 \text{ N}$
 základní statická únosnost $C_o = 43\,800 \text{ N}$
 koeficient $Y = 1,4$

Velikost radiální síly

$$F_A = 202,02 \text{ N}$$

Velikost axiální síly

$$F_{AX} = \frac{F_A}{2 \cdot Y} = \frac{202,01}{2 \cdot 1,4} = 72,15 \text{ N} \quad (4.53)$$

Výpočet ekvivalentního dynamického zatížení

$$P_z = F_A + Y \cdot F_{AX} = 202,02 + 1,4 \cdot 72,15 = 303,12 \text{ N} \quad (4.54)$$

Výpočet základní trvanlivosti

Pro ložiska s čárovým stykem je $a_l = \frac{10}{3}$.

$$L = \left(\frac{C}{P_z}\right)^{a_l} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_2} = \left(\frac{35500}{303,12}\right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 4576} = 28\,624\,765,43 \text{ hod} \quad (4.55)$$

Pro správnou funkčnost kuželíkových ložisek je u nich nutné vytvořit předpětí, které můžeme vyvolat utáhnutím matice na hřídeli, pružinou či podložkou. V tomto případě je zde použita přesně brusem vyrobená podložka.



Obr. 30) Zobrazení uložení hřídele a ložisek

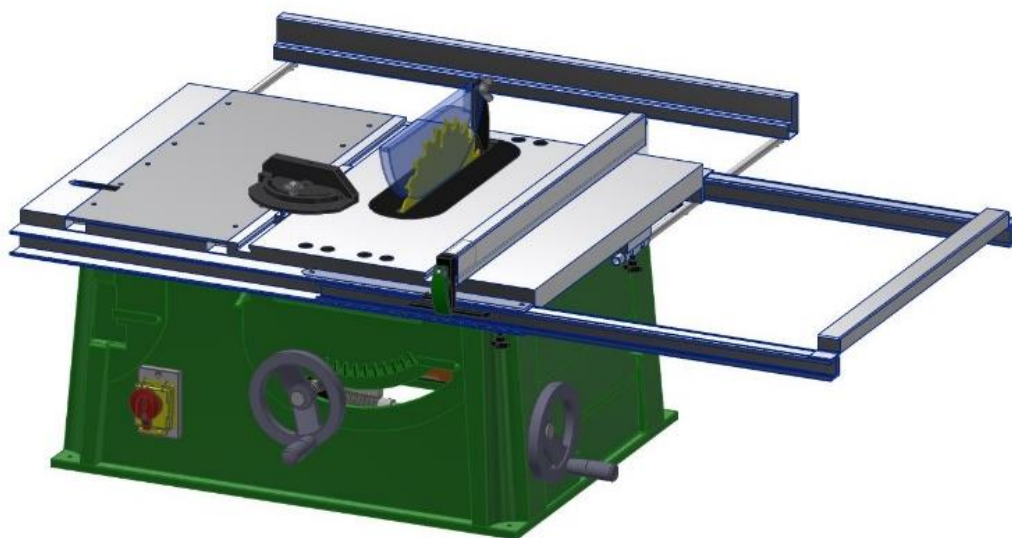
5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ STOLNÍ KOTOUČOVÉ PILY

5.1 Stolní kotoučová pila

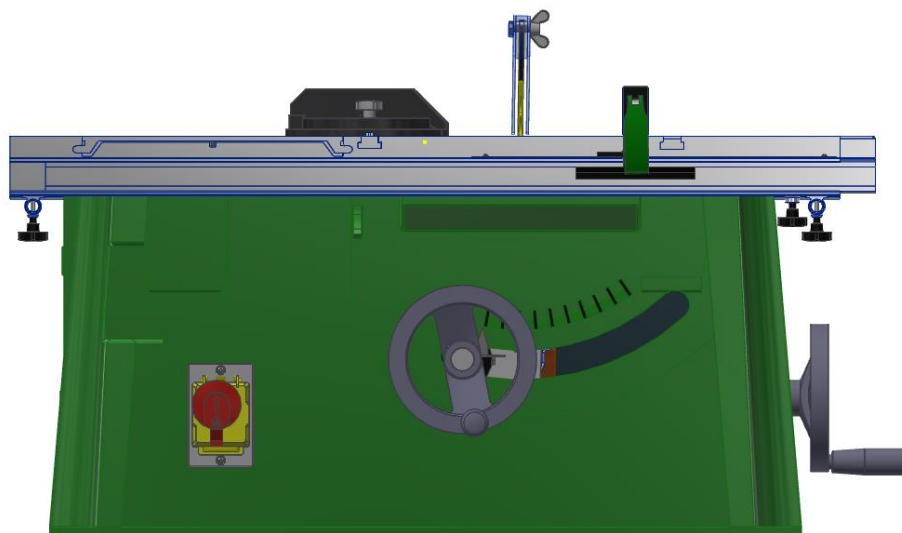
Ve složeném stavu (Obr. 30) má stolní kotoučová pila rozměry $730 \times 603 \times 339$ mm. Při rozložení stolu se tyto rozměry zvětší na $1116 \times 785 \times 339$ mm (Obr. 31). Spodní strana základny je přizpůsobena k upnutí pracovního stojanu.



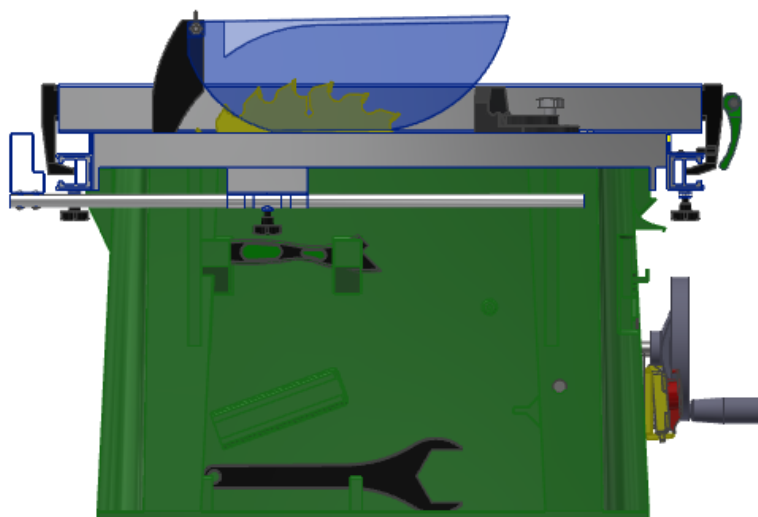
Obr. 31) Složená stolní kotoučová pila



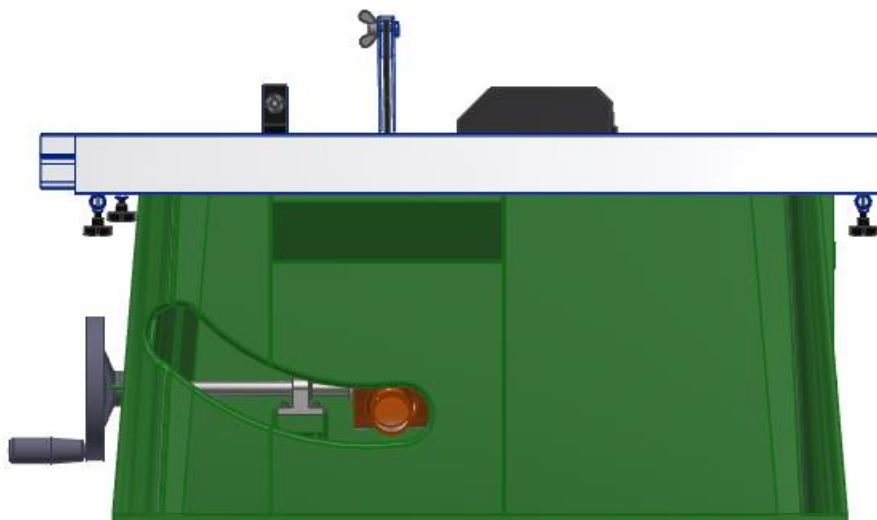
Obr. 32) Rozložená stolní kotoučová pila



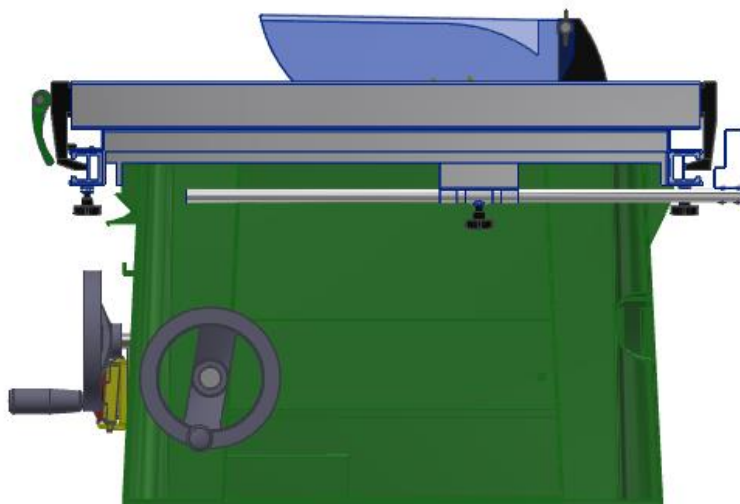
Obr. 33) Pohled zepředu



Obr. 34) Pohled zleva



Obr. 35) Pohled zezadu



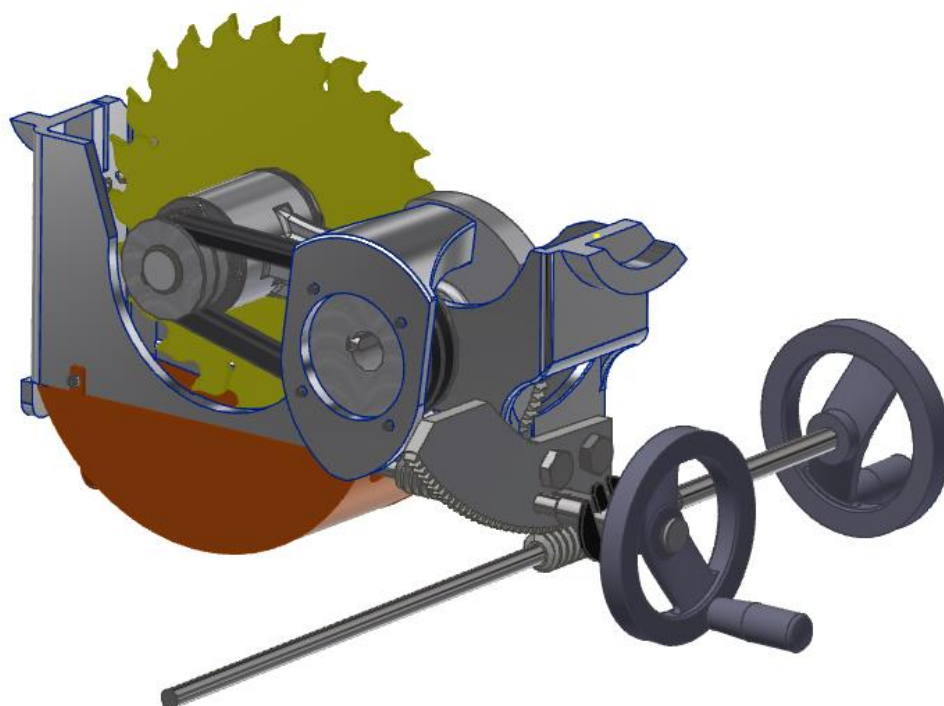
Obr. 36) Pohled zprava

5.2 Mechanismus nastavení a pohon pilového kotouče

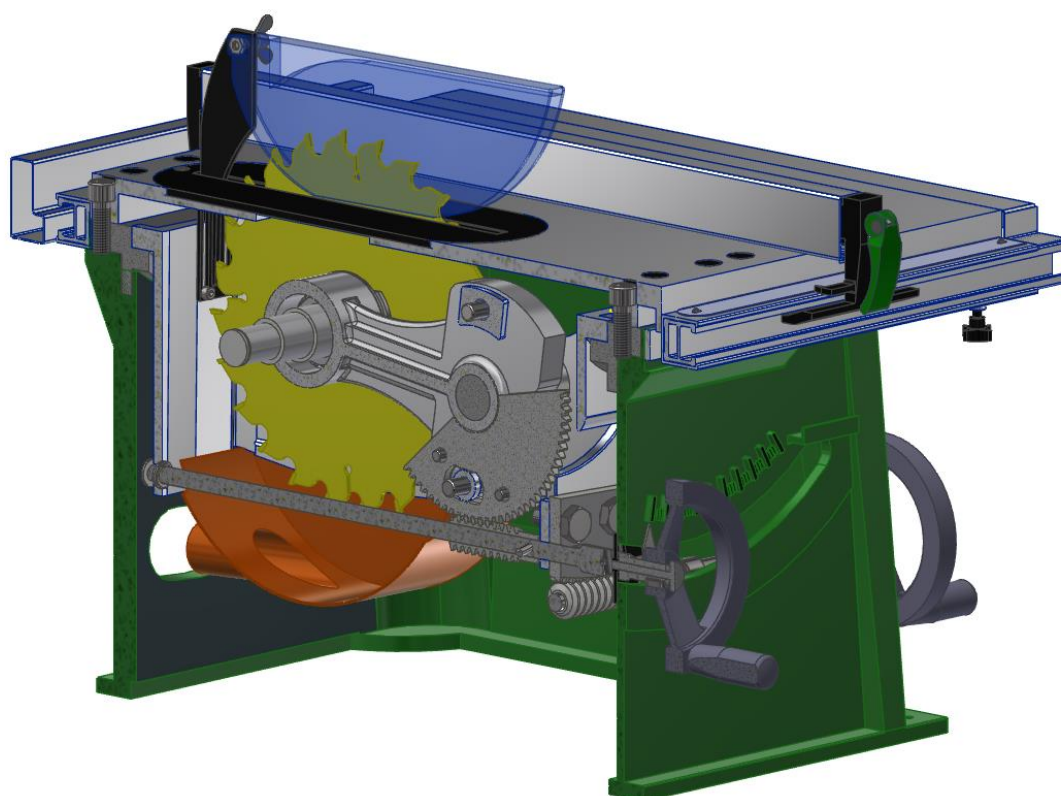
Pohon pilového kotouče je řešen nepřímým způsobem pomocí řemenic a dvou klínových řemenů. Pilový hřídel je uložen v kuželíkových ložiscích, která jsou předepjatá a utěsněná, před vniknutím prachu a jiných nečistot. Pro doplnění a výměnu maziva je vytvořena v těle mechanismu nádrž s vtokovým a výtokovým systémem.

Výška a naklopení pilového kotouče jsou nastavovány pomocí dvou klik a šnekových převodů (obr. 33). Mechanismus je schopen se sklápět v rozmezí 0° až 45° . Maximální výška řezu je 83 mm, což je nejvyšší dovolená hodnota dána výrobcem pilového kotouče. Při sklopení kotouče o 45° je výška řezu až 59 mm.

K rámu mechanismu je pomocí šroubů připevněn sběrač pilin. Výstupní hrdlo má stejný rozměr jako sací hadice vysavačů, což dovoluje jednoduché propojení, ale díky vhodné konstrukci je zajištěn odvod pilin a prachu i bez použití vzduchotechniky.



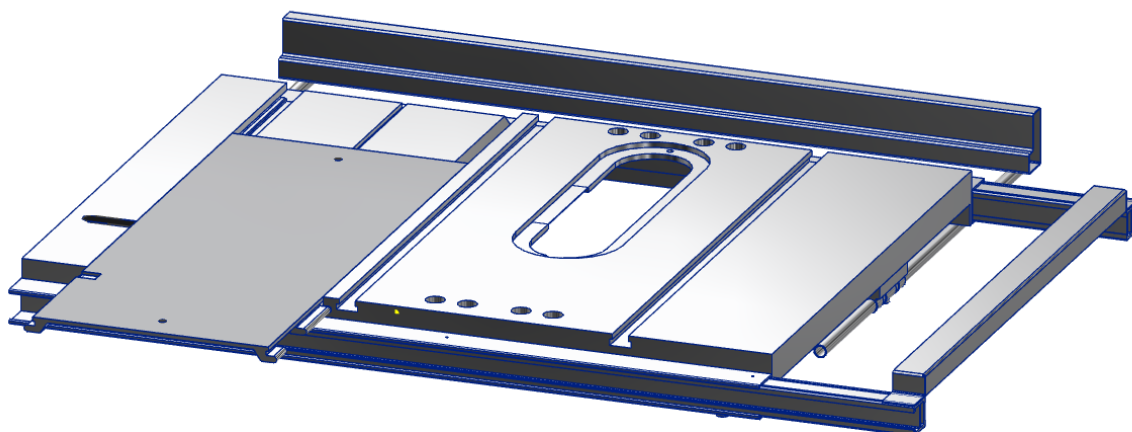
Obr. 37) Vnitřní mechanismus pily



Obr. 38) Řez stolní pilou

5.3 Pracovní stůl

Pracovní stůl je odlit z hliníkové slitiny a jsou něm vyfrézované drážky pro vedení příčného pravítka. Základní velikost stolu je 700×500 mm. Ze přední a zadní strany jsou ke stolu přimontovány lišty, ve kterých lze vést podélné pravítko. V těchto lištách je také schovaný modul rozšíření stolu do strany. K uchycení zadního rozšiřujícího modulu stolu slouží vodící oka. Zafixování rozšíření je zajištěno pomocí šroubů s křídlovou hlavou. Po vysunutí rozšíření lze pracovní plochu zvětšit na 1116×785 mm. Pro snadnější manipulaci s řezaným materiálem je stůl opatřen posuvným modulem.

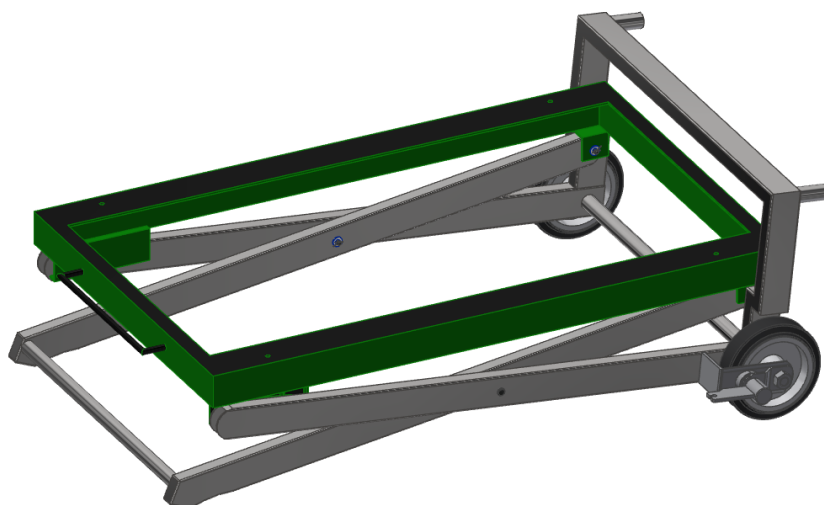


Obr. 39) Pracovní stůl

5.4 Příslušenství stolní kotoučové pily

5.4.1 Stojan

K pile je navrhnut multifunkční stojan, který je svařen z ocelových profilů. Výška pracovního stolu, když je pila připevněná na stojanu, je necelých 800 mm a ta dovoluje komfortní řezání i mimo pracovní dílnu. Stojan je opatřen kolečky pro snadnou manipulaci. K zabránění pohybu složeného stojanu je stojan opatřen brzdou.



Obr. 40) Rozložený stojan

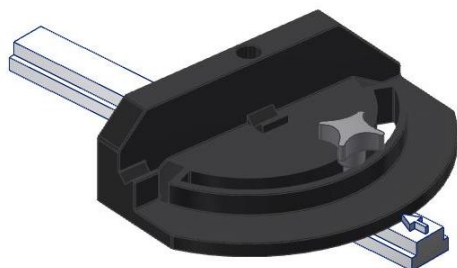


Obr. 41) Složený stojan osazen kotoučovou pilou

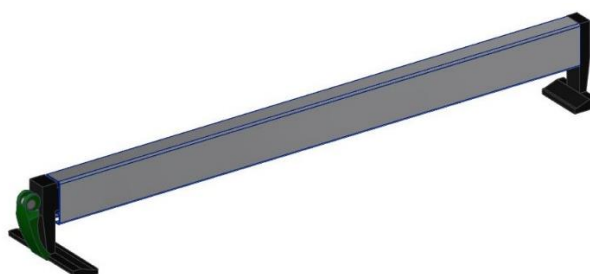
5.4.2 Vodící pravítka

K přesnému řezání je možno využít dvě pravítka. Pro dělení krátkého materiálu či pro řezání úkosů je k dispozici příčné pravítko s nastavitelným úhlem (Obr. 37). Toto pravítko se pohybuje v drážkách vyfrézovaných ve stole.

Druhým z nich je vodící pravítko pro podélné řezání (Obr. 38). Vedení podélného pravítka je tvořeno kolejnicemi na přední a zadní straně pracovního stolu. Zafixování je řešeno závitovou tyčí, která pomocí výstředníku umožní přitáhnutí obou čelistí podélného pravítka do kolejnic (Obr. 39). Tento způsob konstrukce zaručuje pevné a tuhé nastavení zvolené délky řezu.



Obr. 42) Příčné pravítko



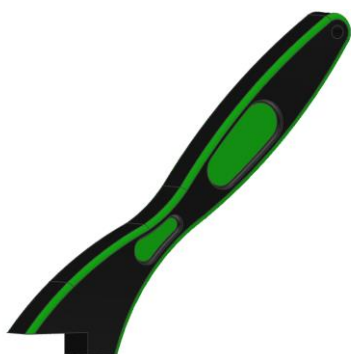
Obr. 43) Podélné pravítko



Obr. 44) Řez podélným pravítkem

5.4.3 Další příslušenství

Mezi další příslušenství navržené ke stolní kotoučové pile patří plastové posouvadlo řezaného materiálu (Obr. 40). K zajištění bezpečnosti práce slouží kryt pilového kotouče uchycený na držáku, jenž slouží i jako rozvírací klín. Pro výměnu či demontáž pilového kotouče je použita dvojice klíčů (Obr. 41). Vybavení, jako jsou pravítka, posouvadlo nebo klíče je možné v době, kdy se nepoužívají, uložit v úchytném systému na základně stolní kotoučové pily.



Obr. 45) Posouvadlo



Obr. 46) Klíč

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Pro případné uvedení stolní kotoučové pily na trh je nutné vytvořit cenový odhad. Tento cenový odhad bude tvořen z teoretických částek za vyrobené a nakoupené díly. K hodnotám vyrobených dílů by se, v případě sériové výroby, připočítali náklady na výrobu forem pro tlakové lití hliníku a pro plastové díly. Pořizovací náklady těchto forem jsou vysoké, avšak jejich cena by se rozdělila mezi vyrobené pily.

Ceny uvedené v tab. 6-1 jsou pouze orientačního charakteru. Skutečná cena se může lišit v důvodu jiných cen materiálu a obrábění při sériové výrobě.

Tab. 6-1 Náklady na vyrobené díly

Vyrobený díl	Cena bez DPH (Kč)
Tělo pily	1200
Tělo mechanismu pily	600
Pilový hřídel	2000
Vedení těla pily	600
Nosník elektromotoru	400
Šnekové převody	2000
Ovládací hřídele	400
Pracovní stůl	2000
Pravítka	800
Základna	1000
Sběrač pilin	100
Plastové příslušenství pily	800

Tab. 6-2 Náklady na zakoupené díly

Nakoupený díl	Cena bez DPH (Kč)
Elektromotor	2800
Pilový kotouč	500
Ložiska, pojistné kroužky	600
Řemenice a klínové řemeny	400
Ruční kolečka	500
Profily pro stojan a rozšíření stolu	1000
Profily pro vedení rozšíření stolu	300
Spojovací materiál	400
Pojezdové kolečka stojanu	200
Elektrické součásti	400

Ceny zakoupených dílů vychází z aktuální nabídky na trhu, avšak při správném výběru dodavatele a větším počtu pořízených součástí mohou tyto hodnoty klesnout.

Výsledné teoretické náklady na výrobu stolní kotoučové pily jsou 18 400 Kč bez DPH. K této hodnotě je potřeba připočíst cenu montáže, poté by se cena pily pohybovala na hodnotě 19 500 Kč bez DPH. Při srovnání s nynějšími pilami na trhu je patrné, že je tato hodnota poněkud vysoká. Tento rozdíl je způsoben především tím, že je cena materiálů brána k výrobě jedné pily. Při velkosériové výrobě bude cena materiálu a obrábění výrazně nižší a celkové náklady na jednu stolní pilu podstatně klesnou.

7 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo provést analýzu problematiky v oblasti stolních kotoučových pil. První část práce je věnována rozboru součástí stolních pil, bezpečnostním prvkům a bezpečnosti práce samotné. Dále byl proveden průzkum trhu s jehož pomocí byla zvolena vhodná varianta řešení. V další části jsou návrhové a bezpečnostní výpočty důležitých uzlů. Poslední část bakalářské práce je zasvěcena popisu výsledného konstrukčního řešení.

Základem stolní kotoučové pily je asynchronní motor 1TZ 9001 90S-2 o výkonu 1,5 kW, jehož výkon je přenášen přes řemenice a klínový řemen na pilový hřídel, který je uložen v kuželíkových ložiscích. Na hřídeli je nasazen pilový kotouč s SK břity o průměru 250 mm a je zajištěn pomocí matice. Vnitřní mechanismus pily dovoluje přesné nastavení výšky řezu a sklopení kotouče v rozmezí 0° až 45° díky dvojici klik a šnekových převodů. Celé ústrojí stolní pily je schováno v plastovém těle, které je vybaveno úložným systémem. Základní rozměry pily jsou 700 × 603 × 339 mm. Po vysunutí rozšiřujících modulů jsou tyto rozměry 1116 × 785 × 339 mm. Pro používání stolní pily mimo pracovní dílnu je pila doplněna o stojan, který je také možnost použít ke snadné přepravě.

Konstrukční řešení je doplněno o 3D model a výkresovou dokumentaci vybraných uzlů.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Kelly Mehler, *The Table Saw Book*. Connecticut, United States: Taunton Press Inc, 2003.
- [2] „Rip Fence For Delta Table Saw Auxiliary Rip Fence For Table Saw The Parts Of A Tablesaw Most Tablesaws Have Similar Types Of Controls And Accessories No Matter If They Are Small Benchtop Units Contrac - thelt.co | Awesome Interior Design Ideas". [Online]. Dostupné z: <http://thelt.co/rip-fence-for-table-saw/rip-fence-for-delta-table-saw-auxiliary-rip-fence-for-table-saw-the-parts-of-a-tablesaw-most-tablesaws-have-similar-types-of-controls-and-accessories-no-matter-if-they-are-small-benchtop-units-contrac/>. [Viděno: 30-bře-2018].
- [3] E. Josten, T. Reiche, a B. Wittchen, *Dřevo a jeho obrábění*. Grada, 2010.
- [4] „Wonderful Table Saw Parts Diagram Gallery - Best Image Wiring diagram - guigou.us". [Online]. Dostupné z: <http://guigou.us/table-saw-parts-diagram.py#>. [Viděno: 09-dub-2018].
- [5] „Table Saw Base | Part Number 0AW4 | Sears PartsDirect". [Online]. Dostupné z: <https://www.searspartsdirect.com/craftsman-saw-parts/0AW4/0009/137/model-137248840/0247/0744600.html>. [Viděno: 09-dub-2018].
- [6] „Makita MLT100". [Online]. Dostupné z: https://makitanaradi.cz/makita-mlt100-3791.html?gclid=Cj0KCQjw2KHWBRC2ARIsAJD_r3dgh_33K-qUDXe2fCTBmt5YwDL3FkOgQ-fnsKqNmj76WlcWJCn4i9AaAnfdEALw_wcB. [Viděno: 07-dub-2018].
- [7] „TC-TS 2025/1 UA - Stationary Machines - Do It Yourself". [Online]. Dostupné z: <https://www.einhell.de/shop/tc-ts-2025-1-ua.html>. [Viděno: 31-bře-2018].
- [8] „Tischkreissäge RT-TS 1725/1 U - Einhell online Werksverkauf". [Online]. Dostupné z: <https://www.einhell-werksverkauf.de/tischkreissaege-rt-ts-1725-1-u.html>. [Viděno: 07-dub-2018].
- [9] „Pilové kotouče na dřevo | Nástroje Brno". [Online]. Dostupné z: <http://www.nastrojebrno.cz/blog/article/157-pilove-kotouce-na-drevo>. [Viděno: 21-bře-2018].
- [10] „Jak vybrat správný pilový kotouč | IGM Nástroje a stroje". [Online]. Dostupné z: <https://www.igm.cz/tematicke-clanky/jak-vybrat-spravny-pilovy-kotouc/>. [Viděno: 20-bře-2018].
- [11] „Craftsman A121011001 Blade Guard for Table Saw - Table Saw Accessories - Amazon.com". [Online]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/craftsman-a121011001-blade-guard-table/dp/b00bcnf41y>. [Viděno: 08-dub-2018].
- [12] „Ridgid TS3650 and riving knife? - by EvilNuff @ LumberJocks.com ~ woodworking community". [Online]. Dostupné z: <http://lumberjocks.com/topics/27403>. [Viděno: 08-dub-2018].
- [13] „DIY Zero Clearance Table Saw Insert: 10 Steps (with Pictures)". [Online]. Dostupné z: <http://www.instructables.com/id/DIY-Zero-Clearance-Table-Saw-Insert/>. [Viděno: 08-dub-2018].
- [14] „Magnetic Safety Push Stick". [Online]. Dostupné z: https://www.mlcswoodworking.com/shopsite_sc/store/html/9136.html. [Viděno: 09-dub-2018].

- [15] „The Best (+ Safest) Table Saw Push Stick We’ve Ever Used”. [Online]. Dostupné z: <https://www.popularwoodworking.com/woodworking-blogs/editors-blog/favorite-table-saw-push-stick>. [Viděno: 09-dub-2018].
- [16] „SawStop | How does SawStop work? Find out more today | SawStop”. [Online]. Dostupné z: <http://www.sawstop.com/why-sawstop/the-technology/>. [Viděno: 08-dub-2018].
- [17] „SawStop lauds ITC ban on Bosch Reaxx saw as rule goes into effect | Woodworking Network”. [Online]. Dostupné z: <https://www.woodworkingnetwork.com/news/woodworking-industry-news/sawstop-lauds-itc-ban-bosch-reaxx-saw-rule-goes-effect>. [Viděno: 08-dub-2018].
- [18] „Stolní kotoučová pila Makita 2704 255mm : Makita-eshop.cz”. [Online]. Dostupné z: <https://www.makita-eshop.cz/pokosove-pily-makita/stolni-kotoucova-pila-makita-2704-255mm>. [Viděno: 06-bře-2018].
- [19] „Stolní okružní pila Bosch GTS 10 XC Professional : Eshop-bosch.cz”. [Online]. Dostupné z: <https://www.eshop-bosch.cz/stolni-pily-bosch/stolni-okruzni-pila-bosch-gts-10-xc-professional>. [Viděno: 07-bře-2018].
- [20] „SCHEPPACH HS100S | 10” Table Saw | SCHEPPACH DIRECT”. [Online]. Dostupné z: <http://www.scheppachdirect.com/product/hs100s-10-table-saw/>. [Viděno: 31-bře-2018].
- [21] „Home - Products - Powertools - Saws - Table Saws - Table SawTable Saw - DEWALT”. [Online]. Dostupné z: <http://products.dewalt.co.uk/powertools/productdetails/catno/DW745/>. [Viděno: 31-bře-2018].
- [22] „Elektromotor 1TZ 9001 90S-2 / 1,5 kW / 2860 ot min-1 | Elektromotory - převodovky s.r.o.” [Online]. Dostupné z: <http://www.prevodovky-elektromotory.cz/2800-ot-min-1-4/elektromotor-1tz-9001-90s-2-1-5-kw-2860-ot-min-1.html?search=9001>. [Viděno: 10-úno-2018].
- [23] J. E. Shigley, C. R. Mischke, R. G. (Richard G. Budynas, M. Hartl, M. Vlk, a Vysoké učení technické v Brně., *Konstruování strojních součástí*. VUTUM, 2010.
- [24] „PROTECO pilový kotouč s SK plátky 250 x 3.0 x 30/20 40z”. [Online]. Dostupné z: <http://www.proteco-naradi.cz/proteco-pilovy-kotouc-s-sk-platky-250-x-3-0-x-30-20-40z-83390.html>. [Viděno: 27-úno-2018].
- [25] „32006AX | ZKL Group”. [Online]. Dostupné z: <http://www.zkl.cz/cs/cat/2013/srtrbmd/32006ax>. [Viděno: 22-úno-2018].

9 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1) Části stolní kotoučové pily (převzato a upraveno)[2]	16
Obr. 2) a) Nepřímý pohon b) Přímý pohon[3]	17
Obr. 3) Vnitřní mechanismus s dvěma klikami[4]	17
Obr. 4) Mechanismus s jednou klikou[4]	18
Obr. 5) Plastové tělo pily[5]	18
Obr. 6) Výsuvné moduly[6]	18
Obr. 7) Vyklápěcí křídla[6]	19
Obr. 8) Druhy geometrií zubů z SK destiček [9]	19
Obr. 9) Protihluková úprava kotouče[10]	20
Obr. 10) Kryt pilového kotouče[11]	20
Obr. 11) Rozvírací klín[12]	21
Obr. 12) Univerzální kotoučová vložka[13]	21
Obr. 13) Vložka s nulovou mezerou[13]	21
Obr. 14) Posouvadlo[14]	22
Obr. 15) Posuvací rukojeť [15]	22
Obr. 16) SawStop[17]	22
Obr. 17) Postoj při podélném řezání(převzato a upraveno)[1]	23
Obr. 18) Řezání pomocí příčného pravítka[1]	23
Obr. 19) Řezání pomocí saní[1]	23
Obr. 20) Vytváření drážky pomocí saní[1]	24
Obr. 21) Stolní kotoučová pila Makita 2704[18]	25
Obr. 22) Stolní okružní pila Bosch GTS 10 XC Professional[19]	26
Obr. 23) Stolová pila Scheppach HS 100 S [20]	26
Obr. 24) Stolová pila DEWALT DW 745[21]	27
Obr. 25) Stolní kotoučová pila Einhell TC-TS 2025 UA[7]	28
Obr. 26) Znázornění zatížení hřídele	33
Obr. 27) VVÚ v rovině XY	34
Obr. 28) VVÚ v rovině XZ	35
Obr. 29) Zatížení hřídele v blízkosti koncentrátoru napětí	37
Obr. 30) Zobrazení uložení hřídele a ložisek	39
Obr. 31) Složená stolní kotoučová pila	40
Obr. 32) Rozložená stolní kotoučová pila	40
Obr. 33) Pohled zepředu	41
Obr. 34) Pohled zleva	41
Obr. 35) Pohled zezadu	42
Obr. 36) Pohled zprava	42
Obr. 37) Vnitřní mechanismus pily	43
Obr. 38) Řez stolní pilou	43
Obr. 39) Pracovní stůl	44
Obr. 40) Rozložený stojan	45
Obr. 41) Složený stojan osazen kotoučovou pilou	45
Obr. 42) Příčné pravítko	45
Obr. 43) Podélné pravítko	46

Obr. 44) Řez podélným pravítkem.....	46
Obr. 45) Posouvadlo.....	46
Obr. 46) Klíč.....	46

10 SEZNAM POUŽITÝCH JEDNOTEK

a	[MPa]	Koeficient typu vrubu
a _l	[-]	Koeficient typu ložiska
a _{max}	[mm]	Maximální osová vzdálenost řemenic
a _{min}	[mm]	Minimální osová vzdálenost řemenic
A _{sk}	[mm]	Skutečná osová vzdálenost
b	[mm]	Šířka pera
C	[N]	Základní dynamická únosnost
c ₁	[-]	Součinitel úhlu opásání malé řemenice
c ₂	[-]	Součinitel provozního zatížení
c ₃	[-]	Součinitel délky převodu
C ₀	[N]	Základní statická únosnost
d	[mm]	Průměr hřídele
d ₁	[mm]	Výpočtový průměr malé řemenice
d ₂	[mm]	Výpočtový průměr velké řemenice
ΔF	[N]	Rozdíl sil v napjaté a ochablé části opásání
D _k	[mm]	Průměr pilového kotouče
d _{min}	[mm]	Minimální průměr pilového hřídele
f	[-]	Součinitel tření
F ₁	[N]	Síla v napjaté části opásání
F ₂	[N]	Síla v ochablé části opásání
F _A	[N]	Radiální síla
F _{AX}	[N]	Axiální síla vyvolaná ložisky
F _{AY}	[N]	Síla v rovině Y
F _{AZ}	[N]	Síla v rovině Z
F _c	[kg.m-1]	Délková hustota řemene
f _k	[-]	Součinitel tření na bocích řemenice
F ₀	[N]	Obvodová síla na hřídeli
F ₀	[N]	Celková síla předpětí
F _R	[N]	Řezná síla
F _u	[N]	Síla předpětí řemenu
i	[-]	Skutečný převodový poměr
i _v	[-]	Navrhnutý převodový poměr
k _a	[-]	Součinitel vlivu jakosti povrchu
k _b	[-]	Součinitel vlivu velikosti povrchu
k _c	[-]	Součinitel způsobu zatěžování
k _d	[-]	Součinitel vlivu teploty
k _e	[-]	Součinitel spolehlivosti
k _f	[-]	Součinitel zahrnující další vlivy
k _k	[-]	Koeficient bezpečnosti k MSP
k _u	[-]	Koeficient bezpečnosti k MSÚ
L	[hod]	Základní trvanlivost

l_p	[mm]	Délka pera
L_p	[mm]	Délka klínového řemene
M_{AY}	[Nm]	Ohybový moment v rovině Y
M_{AZ}	[Nm]	Ohybový moment v rovině Z
M_k	[Nm]	Kroutící moment
M_{max}	[Nm]	Maximální ohybový moment
M_{ymax}	[Nm]	Maximální ohybový moment v rovině XY
M_{zmax}	[Nm]	Maximální ohybový moment v rovině XZ
n_1	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky motoru
n_2	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky pilového kotouče
n_{2d}	$[\text{min}^{-1}]$	Dovolené otáčky pilového kotouče
P	[kW]	Jmenovitý výkon motoru
P_z	[N]	Ekvivalentní dynamické zatížení
P_{dov}	[MPa]	Dovolená napětí působící na pero
P_d	[kW]	Dovolený přenášený výkon jedním řemenem
P_r	[kW]	Jmenovitý výkon přenášen jedním řemenem
R_e	[MPa]	Mez kluzu oceli
R_m	[MPa]	Mez pevnosti oceli
t_l	[mm]	Hloubka pera v náboji
v	$[\text{ms}^{-1}]$	Obvodová rychlost řemene
W_k	$[\text{mm}^3]$	Modul pružnosti v ohybu
W_o	$[\text{mm}^3]$	Modul pružnosti v krutu
Y	[-]	Koeficient ložiska
z	[-]	Počet řemenů
α	$[\circ]$	Úhel opásání malé řemenice
β	$[\circ]$	Úhel opásání velké řemenice
$\beta\sigma$	[-]	Součinitel vrubu pro ohyb
$\beta\tau$	[-]	Součinitel vrubu pro krut
γ	$[\circ]$	Pomocný úhel opásání malé řemenice
σ_c	[MPa]	Mez únavy
σ_{c*}	[MPa]	Korigovaná mez únavy
σ_o	[MPa]	Nominální ohybové napětí
σ_{omax}	[MPa]	Maximální ohybové napětí
σ_{red}	[MPa]	Redukované napětí
τ_k	[MPa]	Nominální smykové napětí
τ_{kmax}	[MPa]	Maximální smykové napětí

11 SEZNAM PŘÍLOH

Typ výkresu	Název výkresu	Číslo výkresu
Výkres sestavení	Stolní kotoučová pila	1-PILA-00
Kusovník	Stolní kotoučová pila – kusovník, část 1.	4-PILA-1
Kusovník	Stolní kotoučová pila – kusovník, část 2.	4-PILA-2
Výkres součásti	Stolní kotoučová pila - hřídel	3-PILA-1
Výkres součásti	Stolní kotoučová pila- víko	3-PILA-2